7T

УДК 519.283

В.М. Таран
Європейський університет, Ялтинська філія, м. Ялта, Україна
victoriya_yalta@ukr.net

Оцінювання прогнозів при моделюванні зсувних процесів Південного берега Криму

Досліджено фактори та моделі зсувного процесу Південного берега Криму та наведено розрахунки оцінок параметрів цих моделей. Обрано критерії оцінювання моделей та оцінювання прогнозів, за якими виділяється модель серед інших. Модифіковано методику Бокса-Дженкінса відбору моделей та аналізу прогнозу. За допомогою модифікованої методики проведено оцінку обраних моделей та отримано прогноз.

Вступ

Прогнозування зсувних процесів Південного берега Криму, що викликають катастрофічні наслідки, є основною, однією з найнеобхідніших, але при цьому найскладніших задач планування та аналізу. Наукові роботи [1-3], які присвячено аналізу зсувних процесів Південного берега Криму, спрямовані на статистичні спостереження, картування, геологічні дослідження, описання процесів в цілому та експертну оцінку фахівцягеолога; слабкою ланкою цих досліджень є використання лише регресійного аналізу, відсутність системного підходу, обмежене використання сучасних інформаційних технологій та інтелектуальних систем прийняття рішень. Під системним підходом будемо розуміти системну узгодженість управління ресурсами, які мають бути вкладені в протизсувні заходи або у відновлення пошкоджених ділянок, та управління безпекою на всіх ділянках, що використовуються, не лише відповідно до мети, задач, ресурсів та очікуваних результатів, але також оперативності і результативності взаємодії в реальних умовах нештатних і катастрофічних ситуацій [4], [5]. Задача оперативного прогнозування зсувних процесів Південного берега Криму – це задача управління екзогенними процесами, пов'язана з мінімізацією вимушених витрат на відновлення ушкоджених об'єктів. Ця задача є складною внаслідок недостатньої формалізованості та структурованості, багатокритеріальності, залежності процесу від поточної ситуації, високого рівня невизначеності та обмеження в часі на прийняття рішення.

Метою даної роботи є моделювання та розробка довгострокових прогнозів зсувних процесів Південного берега Криму, для чого будуються математичні моделі зсуву, які найкращим чином описували б ретроспективні значення даних спостережень, модифікується методика Бокса-Дженкінса, за допомогою якої оцінюються моделі та прогнози.

Аналіз факторів, які приводять до зсувів

Розглянемо уважніше фактори, які є чинниками зсувних процесів на Південному березі Криму. Сукупність таких факторів можна поділити на три групи за ступенем їх змінюваності в часі: постійні, повільно та швидко змінювані [1], [3]. До першої групи можна віднести геологічні та геоморфологічні умови, що визначають генетичні особливості та інтенсивність появи зсувів. Фактори другої і третьої груп визначають тенденцію їх розвитку і діляться на дві підгрупи: незалежні і похідні. До незалежних відносять

тектонічний рух і клімат, до похідних – гідрогеологічні умови ґрунтового масиву. Атмосферні опади, температура навколишнього середовища, сейсмічна активність, сонячна активність, шторми, бурі та інші природні явища – це незалежні явища, які швидко змінюються і діють на усталеність ґрунтів та сприяють появі напружених і послаблених зон.

При вивченні зсувів до початку 20-х років XX століття (В.Ф. Пчелінцев, Н.Ф. Погребов, А.Ф. Ніфантов, І.Г. Глухов та ін.) підземні води вважалися головною причиною зсувів, а їх дренаж – основним заходом боротьби з ними. У той час було побудовано велику кількість підземних споруд, що виводили воду, але бажаного ефекту вони не дали. Таким чином, явної залежності між наявністю підземних вод на схилах і виникненням зсувів немає [2].

Для підтвердження цього можна навести такі факти:

– не на всіх схилах, які мають глинисті породи і підземні води, виникають зсуви;

– в багатьох районах зі схожими геологічними і гідрогеологічними вимогами зсувонебезпечні схили перемежаються з усталеними;

– є багато старих і стародавніх зсувів, зміщення яких припинилися за наявності тих же водоносних горизонтів, як і в період їх активності;

– відомі «сухі» зсуви, які виникали за відсутності водоносних горизонтів, а також в суху погоду.

Іноді вплив підземних вод на усталеність схилів великий, а іноді – зовсім незначний. Хоч методи оцінки кількісного впливу є наближеними, ми маємо їх враховувати.

Водоносні горизонти впливають на умови загальної рівноваги схилу в результаті створювання ними добавлених сил [3]:

– ваги вільної води, яка є у водоносному горизонті;

– гідродинамічного тиску води, що рухається у водоносному горизонті.

З часом з’явилася інша точка зору («Генсхема берегоукрепительных сооружений», 1949; И.Б. Корженевский и др., 1961), за якою головна роль відводилася абразії, ерозії, перевантаженню верхньої частини схила обвалами та осипами. Пізніше експериментами зі штучної активізації показано, що найбільш дійовим фактором виявилася підрізка схилу в низовій частині незалежно від її генезису (природна або техногенна).

Кількість техногенних зсувів, що з’явилися в результаті підрізки схилу, більше зустрічається на природних схилах із крутизною від 100 до 150 (46,9%) і від 150 до 200 (31,1%). Менша кількість зсувів (від 2,6% до 10,2%) формується як на пологих схилах від 5° до 10°, так і на крутих – від 20° – 25° до 25° – 35°, що відображає особливості не тільки граничної рівноваги схилів, але й їхнього освоєння (чим крутіше схил, тим рідше він використовується для розміщення об’єктів) [3].

Вплив землетрусів на зсувні схили як чинник їх розвитку багатьма авторами відкидався. Останніми дослідженнями (безпосередньо для південноузбережного схилу) показано достовірний зв’язок сейсмічної і зсувної активності регіону впродовж року. Вплив сейсмічних чинників за певних сукупних умов (надмірне зволоження) може набувати не тільки допоміжного, але й першорядного значення. Тому, якщо не враховувати цей чинник при аналізі режиму зсувної активності на ПБК, можна прийти до помилкових результатів, особливо при розгляді динаміки окремих зсувів.

Будемо розглядати атмосферні опади як один з вирішальних факторів, що породжує зсуви на ПБК і визначає баланс вологи ґрунтового масиву. Велика кількість зсувів відбувається в період весняно-літнього періоду, коли в горах тане сніг або в період літніх злив, які відбуваються після тривалої засухи. Однак коефіцієнт кореляції становить достатню величину для початку моделювання лише при врахуванні опадів за два гідрогеологічні роки: попередній та поточний.

Головними факторами виникнення зсувів є такі види атмосферних опадів [3]:

– велика кількість одноразових опадів, тобто зливи або різке танення снігу;

– невелика кількість опадів протягом тривалого часу (дощ, що мжичить від 3 до 10 днів і більше).

Методика прогнозування зсувних процесів Південного берега Криму

У даній роботі запропоновано таку методику побудови моделей та побудови прогнозів: всі можливі моделі із певного класу моделей аналізувати в три етапи [6].

На першому етапі аналізується якість моделі за такою схемою:

1) коефіцієнт множинної детермінації:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (\tilde{y}_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y})^2},$$

де y_i – значення показника для $i=1,\ldots, n$, $\tilde{y}_i$ – прогнозна величина, $\bar{y}$ – середнє;

2) середній квадрат похибки:

$$e^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{y}_i)^2;$$

3) перевірка адекватності моделі за допомогою F-критерію Фішера:

$$F = \frac{(n-m-1)\sum_{i=1}^{n} (\tilde{y}_i - \bar{y})^2}{m\sum_{i=1}^{n} (y_i - \tilde{y})^2};$$

4) перевірка на статистичну значимість моделі та її параметрів (t-критерій Стьюдента);

5) перевірка на мультиколінеарність;

6) перевірка на автокореляцію збурень (критерій Дарбіна-Уотсона),

$$DW = \frac{\sum_{t=2}^{n} (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^{n} e_t^2} \approx 2 - 2\rho,$$

де ρ – коефіцієнт кореляції похибок моделі між собою;

7) перевірка моделей на гетероскедастичність (тест Голдфелда та Квондта).

За перерахованими критеріями обираються кращі моделі-кандидати та за їхньою допомогою будуються прогнози.

На другому етапі оцінюється якість прогнозу за допомогою таких статистик:

1) середня абсолютна похибка MAE (mean absolute error):

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} | y_i - \tilde{y}_i |,$$

де y_i – значення періоду, $\tilde{y}_i$ – прогнозна величина для $i = 1, 2, \ldots, n$;

2) середня абсолютна відсоткова похибка MAPE (mean absolute percentage error):

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{|y_i - \tilde{y}_i|}{|y_i|} \cdot 100\%;$$

3) середньоквадратична похибка RMSE (root mean squared error):

$$RMMS = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2};$$

4) коефіцієнт нерівності Тейла U:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \tilde{y}_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i)^2} + \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\tilde{y}_i)^2}};$$

5) для абсолютної і відносної абсолютної похибок обчислюються кількість у відсотках спостережень, які попали в інтервали [0; 0,5σ], [σ; ∞], [0%; 10%], [50%; ∞], а також їх максимальне значення для кожної моделі.

На останньому, третьому, етапі проводиться оцінювання стійкості прогнозу, тобто значення всіх факторів, крім одного, фіксуються, а обраний фактор змінюється на ± середнє квадратичне відхилення (при цьому розраховується змінювання результуючого показника у відсотках до його середнього значення).

Оцінювання моделей і прогнозу зсувних процесів Південного берега Криму

Таким чином, **на першому етапі** було відібрано серед інших п'ять моделей зсувних процесів Південного берега Криму, які будемо розглядати й надалі [7]:

– *регресійна однофакторна модель (РО): АЗ(t) = a0 + a1·O(t – 1);*

– *авторегресійна модель (АР): АЗ(t) = a0 + a1·АЗ(t – 1);*

– *комплексна множинна лагова авторегресійна модель (ЛАР):*

$АЗ(t) = a_0 + a_1·О(t – 1) + a_2·СеА(t – 1) + a_3·СоА(t – 1) + a_4·АЗ(t – 1) + a_5·(t – 1)$,

де О – опади за два роки, СеА – сейсмічна активність, СоА – сонячна активність, АЗ – кількість активних зсувів за рік;

– *метод групового врахування аргументів (МГУА):*

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^{N} a_i x_i + \sum_{j=1}^{N}\sum_{i\le j} a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^{N}\sum_{j\le i}\sum_{k\le j} a_{ijk} x_i x_j x_k + \ldots;$$

– *метод комплексування аналогів (КА),* за яким розраховується відстань між факторами історичних даних і факторами нового спостереження:

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(x_{ij} - x_j)^2} \to \min, i = \overline{1,k},\ j = \overline{1,4},$$

нехай E_{a1} – найменша відстань між факторами, E_{a2} – наступна за нею, y_{a1} – величина y, що відповідає факторам з відстанню E_{a1}, а y_{a2} – з E_{a2}, тоді результат визначаємо за формулою:

$$y = \frac{y_{a1}\cdot E_{a2} + y_{a2}\cdot E_{a1}}{E_{a1} + E_{a2}}.$$

На другому етапі проведемо оцінювання і порівняння обраних п'яти моделей за визначеними критеріями якості моделі і якості прогнозу (табл. 1). Наведена таблиця свідчить, що за якістю моделей та за якістю прогнозу модель МГУА – найкраща, за нею слідує ЛАР (найгіршою є регресійна однофакторна модель відносно опадів (РО) та модель комплексування аналогів (КА)). Проте жодну з наведених моделей відкида-

ти не варто тому, що вони по-різному реагують на різке збурення будь-якого з параметрів або всіх одразу, і тільки їх узагальнення дає найбільш наближений прогноз. Наприклад, модель комплексування аналогів в 40% дає відносну похибку прогнозу, яка не перевищує 10%, і майже в 14% спостережень перевищує 50%.

Таблиця 1 – Аналіз якості моделі та якості прогнозу

Моделі	Якість прогнозу					
	Абсолютна похибка			Відносна похибка		
	< 0,5σ	> σ	max	<10%	>50%	max
АР(1)	51,2%	16,3%	101,7	30,2%	11,6%	194,8%
РО(О)	55,8%	23,3%	120,9	39,5%	18,6%	210,6%
ЛАР	51,2%	4,7%	89,8	32,6%	11,6%	147,2%
КА	56,8%	18,2%	134	40,9%	13,6%	180,5%
МГУА	81,4%	2,3%	81,7	44,2%	7,0%	141,1%
Узагальнена	65,1%	9,3%	89,0	41,9%	9,3%	159,0%

Перевіримо таким чином кожну модель, додамо до цього критерію ще кількість абсолютних похибок, які належать указаним проміжкам, та максимальне значення абсолютної та відносної похибки (табл. 2).

Таблиця 2 – Відсоток помилок, який належить указаному інтервалу

Моделі	Якість моделі			Якість прогнозу			
	R2	Σe2 / n	DW	СКВ	САВ	САВП	К-т Тейла U
АР(1)	0,501	1625	2,020	40,32	31,39	28,8%	0,139
РО(О)	0,422	1926	0,937	43,88	32,60	34,8%	0,151
ЛАР	0,643	1190	1,841	34,50	28,37	27,9%	0,118
КА	0,502	2206	1,483	46,89	32,19	27,2%	0,167
МГУА	0,805	648	2,301	25,46	18,98	18,9%	0,087
Узагальнена	0,544	1093	1,500	42,19	24,86	24,1%	0,135

Наведена таблиця свідчить, що за якістю прогнозу за обома видами похибок модель МГУА – найкраща: 81% від загальної кількості залишків становить менше за половину стандартного відхилення σ спостережуваного показника, лише 2% – перевищує σ, максимальна абсолютна похибка становить 81,7, а відносна – 141% (в той час, як для РО цей показник – 120,9 і 210,6% відповідно), 44% від загальної кількості залишків становить менше 10% відносної похибки і лише 7% перевищують 50%; за нею слідує ЛАР (найгіршою є регресійна однофакторна модель відносно опадів (РО) та модель комплексування аналогів (КА)).

На третьому етапі проведемо оцінювання стійкості прогнозу, тобто значення всіх факторів, крім одного, фіксуються (береться середнє значення), а обраний фактор змінюється на ± середнє квадратичне відхилення (при цьому розраховується зміна результуючого показника у відсотках до його середнього значення). Для обчислень використаємо програмний продукт PLSSCC «Forecasting of Landslide for Southern Coast of Crimea» [8], інтерфейс якого наведено на рис. 1.

Введемо спочатку середнє значення всіх факторів і обчислимо кількість активних зсувів у відсотках до середньої кількості. Додамо до всіх факторів середнє квадратичне відхилення та віднімемо його, результати обчислень помістимо в табл. 3.

Таблиця 3 – Середнє значення моделі для всіх факторів ±σ за 2010 рік

	РА	АР	ЛАР	КА	МГУА	Разом
Xсер_i	100,0%	100,7%	139,7%	94,9%	145,6%	107,4%
$Xсер_i+\sigma_i$	127,9%	130,9%	165,4%	144,9%	164,7%	139,7%
$Xсер_i-\sigma_i$	72,8%	69,9%	103,2%	32,4%	114,4%	72,8%

Останній стовпчик показує узагальнене значення, яке розраховується як середнє зважене всіх отриманих прогнозів, вагами є коефіцієнти детермінації, поділені на їх суму.

$$Y_{заг} = \frac{Y_{РА} \cdot R_{РА}^2 + Y_{АР} \cdot R_{АР}^2 + Y_{ЛАР} \cdot R_{ЛАР}^2 + Y_{КА} \cdot R_{КА}^2 + Y_{МГУА} \cdot R_{МГУА}^2}{R_{РА}^2 + R_{АР}^2 + R_{ЛАР}^2 + R_{КА}^2 + R_{МГУА}^2}.$$

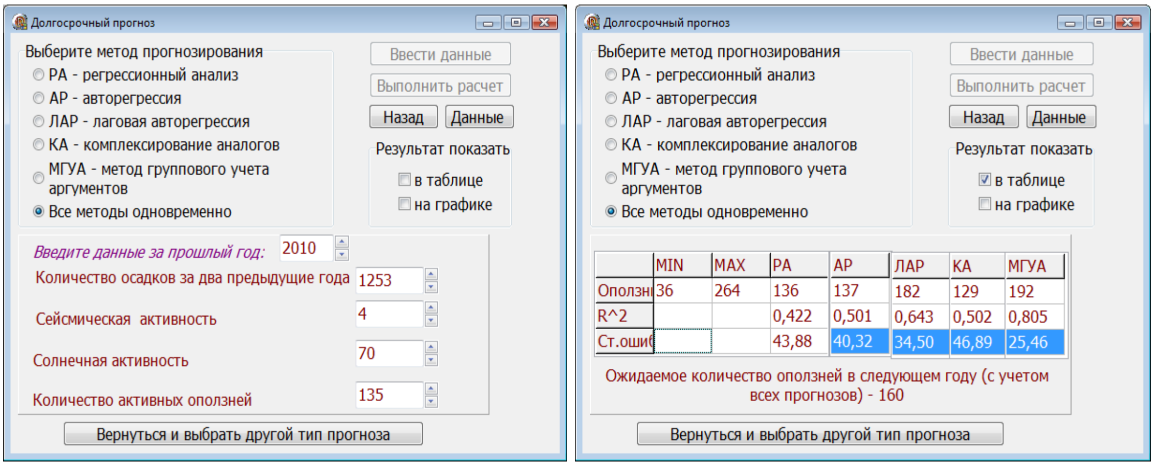


Рисунок 1 – Вікно вводу даних і результат прогнозування

Табл. 3 свідчить, що найкращі моделі (МГУА і ЛАР), відмічені на попередніх етапах аналізу, поводять себе не зовсім коректно, тобто при зменшенні значень факторів вони показують збільшення досліджуваного показника. Наприклад, модель МГУА при збільшенні всіх факторів на середнє квадратичне відхилення дає прогноз, що перевищує середнє значенні майже на 65%, але при такому ж зниженні – все одно збільшується на 14% (ЛАР – на 3,2%). Це пов’язано з тим, що в ці моделі входить як фактор рік, на який робиться прогноз, тобто чим більший рік, тим більше результат.

Проведемо порівняльний аналіз оцінювання прогнозу на 2010 рік двох найкращих моделей – МГУА і ЛАР. Підставимо всі середні значення для факторів, потім змінимо їх всі на ±σ, а потім лише один з факторів будемо змінювати, а інші дорівнюватимуть середньому. Результати розрахунків помістимо в табл. 4.

Таблиця 4 – Оцінювання прогнозів на 2010 рік за двома моделями – ЛАР і МГУА

2010	ЛАР	МГУА	2010	ЛАР	МГУА
О(Хсер1+S1)	147%	184%	О(Хсер1-S1)	104%	132%
СеА(Хсер2+S2)	121%	152%	СеА(Хсер2-S2)	101%	140%
СоА(Хсер3+S3)	113%	137%	СоА(Хсер3-S3)	108%	161%
А3(Хсер4+S4)	138%	153%	А3(Хсер4-S4)	103%	133%
Середнє (Y)	**130%**	**156%**	**Середнє (Y)**	**104%**	**141%**

Наведена таблиця свідчить, що результуючий показник для моделі МГУА в середньому збільшується на 56% (від 37% до 84%), а замість зменшення в протилежному випадку зростає в середньому на 41% (від 5% до 61%) залежно від обраного фактора. Модель ЛАР теж збільшується, але не так критично.

За оцінками якості моделі та якості прогнозу модель МГУА є не тільки найкращою, а й випереджає інші на цілий порядок. Проте в табл. 3 і 4 доведено, що обидві моделі не є усталеними, вони мають великі відхилення при прогнозі на декілька кроків вперед.

Таким чином, можна зробити висновок, що, дійсно, всі запропоновані моделі є адекватними до історичних даних і їх слід використовувати для прогнозування зсувних процесів Південного берега Криму, тобто не варто відхиляти одну чи декілька з них, а останній узагальнюючий результат можна розглядати як шосту модель. У табл. 1 і 2 наведено оцінки цієї моделі.

У табл. 5 наведено прогноз на 2005 рік, видно, що до фактичного значення найближчим є саме узагальнююче значення результуючого показника.

Таблиця 5 – Прогноз на 2005 рік

2005	РА	АР	ЛАР	КА	МГУА	Узагальн.	Фактичне
прогноз	174	186	227	179	201	196	191

Таким чином, наведені моделі використаємо для наглядного зображення прогнозу за допомогою пакета статистичної обробки інформації EViews (рис. 2): на чотирьох графіках (для моделей РА, АР, МГУА, ЛАР) дві верхні криві показують фактичне і прогнозне значення, а нижня – помилки прогнозування.

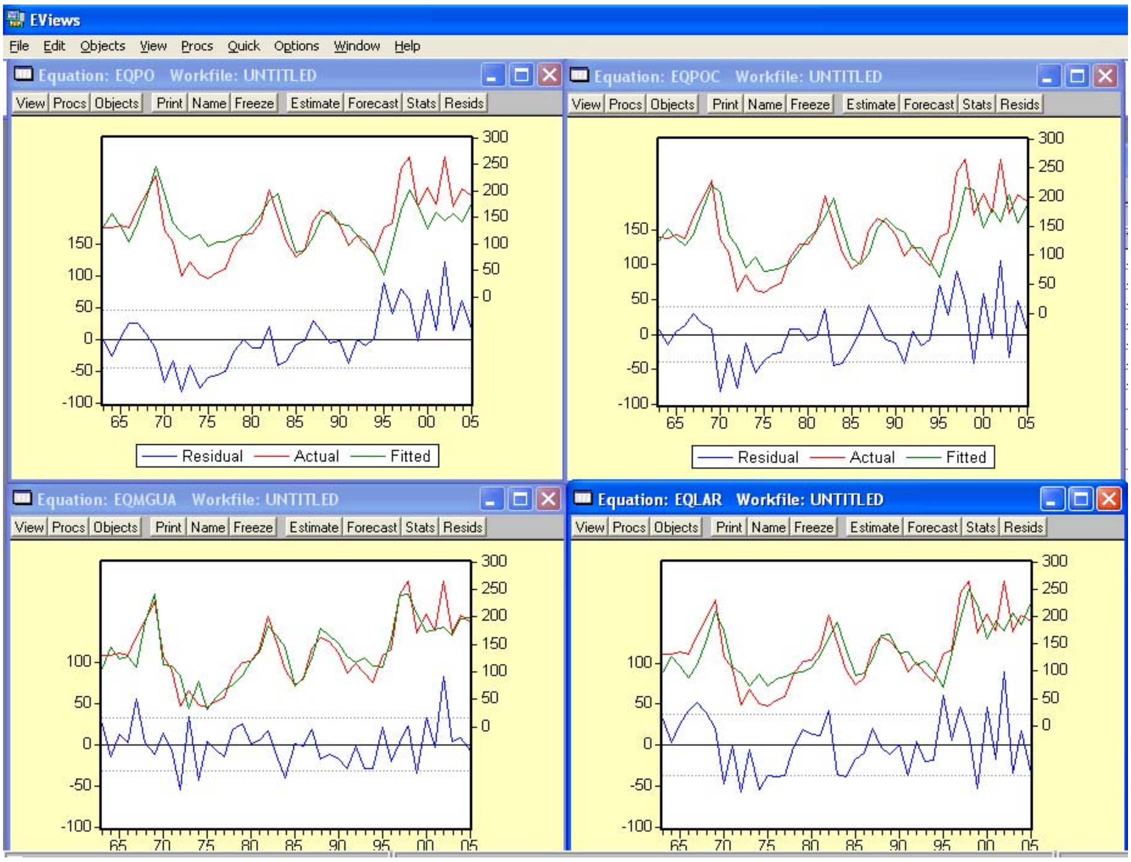


Рисунок 2 – Прогнозування зсувних процесів на Південному березі Криму

Отже, можна помітити, що помилки сягають особливо великих значень останніми роками (1993 – 2003). Це пов’язано більшою мірою з тим, що при Радянському Союзі після значних зсувів 1968 – 1969 років проводилися обстеження та укріплення зсувонебезпечних ділянок, після розвалу СРСР впроваджені заходи утримували схили від катастрофічних руйнацій, проте впродовж останнього часу на подібні роботи виділяється занадто мало коштів, деякі установи було скорочено або закрито, роботи проводилися більшою мірою з відновлення будов, а не попереджувального характеру. Все це і спровокувало сплеск активізації екзогенної активності.

Таким чином, за отриманими моделями однофакторної регресії, авторегресії, лагової авторегресії, методу комплексування аналогів та методу групового урахування аргументів ми можемо розраховувати зсувну активність. Такий вид прогнозу доцільно використовувати при стратегічному плануванні, що надає розрахунки відповідних показників на наступні 1 – 5 років.

Висновки

У статті розглянуто моделювання зсувних процесів на Південному березі Криму на основі регресійного аналізу, методу комплексування аналогів і методу групового урахування аргументів, що дає можливість за отриманими моделями розраховувати зсувну активність. Проведено порівняльний аналіз цих моделей, а також на їх основі побудовано узагальнюючу модель. Таке оцінювання прогнозу доцільно використовувати при плануванні відповідних показників на наступні 1 – 5 років.

Розроблено методику відбору і оцінювання моделей зсувних процесів Південного берега Криму, яка базується на стандартних методах перевірки якості регресійної моделі з урахуванням її адекватності історичним даним. На основі наведеної методики визначено, що обрані моделі коректно описують ці процеси. Результати прогнозування наведено у графічному вигляді.

Література

1. Безсмертний А.Ф. Геофізична інтерпретація схилових деформацій в межах розвитку зсувів на Південному березі Криму / А.Ф. Безсмертний // Вісник Київського національного університету ім. Т.Г. Шевченка. Серія «Геологія». – Київ : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2001. – Вип. 19. – С. 37-41.
2. Шеко А.И. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / Шеко А.И. – Москва : Недра, 1979. – 242 с.
3. Ерыш И.Ф. Оползни Крыма. Часть 1. История отечественного оползневедения / И.Ф. Ерыш, В.Н. Саломатин. – Симферополь : Апостроф, 1999. – 249 с.
4. Панкратова Н.Д. Системный анализ в динамике диагностирования сложных технических систем / Н.Д. Панкратова // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 1. – С. 33-49.
5. Радюк А.Н. Системное оценивание функционирования сложных технических систем / А.Н. Радюк // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2010. – № 1. – С. 81-94.
6. Бідюк П.І. Аналіз часових рядів / П.І. Бідюк. – Київ : ННК ІПСА, 2006. – 188 с.
7. Таран В.М. Методика оцінювання регресійних моделей, побудованих за даними спостережень, що описують зсувні процеси Південного берега Криму / В.М. Таран // Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Системний аналіз та інформаційні технології» САІТ – 2010. – Київ, 2010. – С. 159.
8. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 31281. Комп’ютерна програма “Forecasting of Landslide for Southern Coast of Crimea” («FLSSCC») / В.М. Таран. – 08.12.2009.

Literatura

1. Bezsmertnyj A.F. Visnyk Kyyivs'koho nacional'noho universytetu im. T.H. Shevchenka. Seriya "Heolohiya". Kyyiv: Vydavnycho-polihrafichnyj centr "Kyyivs'kyj universytet". 2001. Vyp. 19. S. 37-41.
2. Sheko A.I. Prognoz ekzogennyh geologicheskih processov na Chernomorskom poberezh'e SSSR. Moskva : Nedra. 1979. 242 s.
3. Erysh I.F. Opolzni Kryma. Chast' 1. Istorija otechestvennogo opolznevedenija. Simferopol' : Apostrof. 1999. 249 s.
4. Pankratova N.D. Systemni doslidzhennya ta informacijni texnolohiyi. 2008. № 1. S. 33-49.
5. Radyuk A.N. Systemni doslidzhennya ta informacijni texnolohiyi. 2010. № 1. S. 81-94.
6. Bidyuk P.I. Analiz chasovyh ryadiv. Kyyiv : NNK IPSA. 2006. 188 s.
7. Taran V.M. Materialy XII Mizhnarodnoyi naukovo-texnichnoyi konferenciyi "Systemnyj analiz ta informacijni tehnolohiyi". Kyyiv : SAIT. 2010. S. 159.
8. Taran V.M. Svidoctvo pro reyestraciyu avtors'koho prava na tvir № 31281. Kompyuterna prohrama "Forecasting of Landslide for Southern Coast of Crimea" («FLSSCC»). 08.12.2009.

В.М. Таран

Оценивание прогнозов при моделировании оползневых процессов Южного берега Крыма

Исследованы факторы и модели оползневого процесса Южного берега Крыма и приведены расчеты оценок параметров этих моделей. Выбраны критерии оценивания моделей и оценивания прогнозов, по которым выделяется модель среди других. Модифицирована методика Бокса-Дженкинса выбора моделей и анализа прогноза. При помощи модифицированной методики проведена оценка выбранных моделей и получен прогноз.

V.M. Taran

Evaluation of Forecasting at Modelling of Soil Slip at the South Coast of Crimea

The factors and models of soil slip at the South Coast of Crimea are studied and parameter evaluation determinations of these models are given here. Criteria of evaluation of models and forecasts for determining the model among other models has been selected. The Box-Jenkins methodology for model selection forecast analysis has been modified. By this modified methodology evolution of selected models has been conducted and forecast has been achieved.

Стаття надійшла до редакції 22.06.2011.